

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 1998年 6月 8日

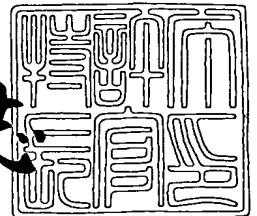
出 願 番 号  
Application Number: 平成10年特許願第159354号

出 願 人  
Applicant (s): セイコーエプソン株式会社

1998年12月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平10-3102366

【書類名】 特許願

【整理番号】 62259

【提出日】 平成10年 6月 8日

【あて先】 特許庁長官

【国際特許分類】 B41J 2/045

【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置

【請求項の数】 15

【発明者】

    【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

    【氏名】 島田 勝人

【発明者】

    【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

    【氏名】 酒井 真理

【特許出願人】

    【識別番号】 000002369

    【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

    【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

    【代表者】 安川 英昭

【代理人】

    【識別番号】 100101236

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 栗原 浩之

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 042309

    【納付金額】 21,000円



【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9806571

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノズル開口に連通する圧力発生室の一部を構成する弾性膜と、該弾性膜上に設けられた下電極と、該下電極上に形成された圧電体層と、該圧電体層の表面に形成された上電極とを備えたインクジェット式記録ヘッドにおいて、

前記圧力発生室に対応する領域に前記下電極、前記圧電体層及び前記上電極を含む圧電振動子が形成され、

前記弾性膜は、少なくとも圧縮応力を有する圧縮膜を含み、前記圧力発生室に対応する領域で且つ前記圧電振動子以外の領域の前記圧縮膜の厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記弾性膜のうち少なくとも残留部分が多結晶体からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、前記弾性膜が、前記圧縮膜のみからなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 4】 請求項 1 又は 2 において、前記弾性膜が、複数層の膜からなり、その少なくとも最上層が前記圧縮膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 5】 請求項 1～4 において、前記圧縮膜が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記金属酸化物が、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、及び酸化パラジウム、並びにこれらの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 7】 請求項 6 において、前記酸化ジルコニウム又は酸化ハフニウムからなる圧縮膜の結晶構造が単斜晶系であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 8】 請求項 4～7 の何れかにおいて、前記圧縮膜の下層は、当該

圧縮膜とはエッチング特性が異なって選択的にエッチングされない材料からなる層であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 9】 請求項 8 において、前記圧縮膜の下層の選択的にエッチングされない膜が、金属及び安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウムからなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 10】 請求項 1～9 の何れかにおいて、前記下電極が、引張応力を有する膜からなり、当該下電極の厚さが、前記圧縮膜の除去された厚さより薄いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 11】 請求項 1～10 の何れかにおいて、前記弾性膜は、前記圧力発生室側に、二酸化シリコン膜又はボロンドープシリコン膜を含むことを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 12】 請求項 1～11 の何れかにおいて、前記圧力発生室の内側には、前記弾性膜の下面側も含めて二酸化シリコン膜が形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 13】 請求項 1～12 の何れかにおいて、前記圧電体層が P Z T からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 14】 請求項 1～13 の何れかにおいて、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電振動子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 15】 請求項 1～14 の何れかのインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を弾性膜で構成し、この弾性膜の表面に圧電体層を形成して、圧電体層の変位によりインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を弾性膜で構成し、この弾性膜を圧電振動子により変形させて圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電振動子が軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電振動子を使用したものと、たわみ振動モードの圧電振動子を使用したものの2種類が実用化されている。

## 【0003】

前者は圧電振動子の端面を弾性膜に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電振動子をノズル開口の配列ピッチに一致させて櫛歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電振動子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

## 【0004】

これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で弾性膜に圧電振動子を作り付けることができるものの、たわみ振動を利用する関係上、ある程度の面積が必要となり、高密度配列が困難であるという問題がある。

## 【0005】

一方、後者の記録ヘッドの不都合を解消すべく、特開平5-286131号公報に見られるように、弾性膜の表面全体に互って成膜技術により均一な圧電材料層を形成し、この圧電材料層をリソグラフィ法により圧力発生室に対応する形状に切り分けて各圧力発生室毎に独立するように圧電振動子を形成したものが提案されている。

## 【0006】

これによれば圧電振動子を弾性膜に貼付ける作業が不要となって、リソグラフィ法という精密で、かつ簡便な手法で圧電振動子を作り付けることができるばかりでなく、圧電振動子の厚みを薄くできて高速駆動が可能になるという利点がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した薄膜技術およびリソグラフィ法による製造方法では、薄膜のパターニング後に圧力発生室を形成するが、その際、上電極及び圧電体層の内部応力緩和の影響により、振動板が圧力発生室側に撓んでしまい、この撓みが振動板の初期変形として残留してしまうという問題がある。特に、下電極をオーバーエッチングした構造の場合には、撓み量が大きく、圧電振動子の駆動による振動板の変形量が計算上の値よりも小さくなってしまう。これは、上電極及び圧電体層（及び下電極）の引張方向の内部応力緩和の影響で振動板が撓むことにより、弾性領域を越えて塑性変形領域に達しているためであると考えられる。

【0008】

なお、弾性膜としては、酸化シリコン膜の他、剛性の高いものとして酸化ジルコニウム膜が提案されているが、何れにしても同様な初期変形が生じる。

【0009】

本発明はこのような事情に鑑み、振動板の初期撓み量を低減したインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本発明の第1の態様は、ノズル開口に連通する圧力発生室の一部を構成する弾性膜と、該弾性膜上に設けられた下電極と、該下電極上に形成された圧電体層と、該圧電体層の表面に形成された上電極とを備えたインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧力発生室に対応する領域に前記下電極、前記圧電体層及び前記上電極を含む圧電振動子が形成され、前記弾性膜は、少なくとも圧縮応力を有する圧縮膜を含み、前記圧力発生室に対応する領域で且つ前記圧電振動子以外の領域の前記圧縮膜の厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0011】

かかる第1の態様では、圧力発生室を形成する際に、圧縮膜のパターニングにより開放される応力により、初期たわみが低減される。

【0012】

本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記弾性膜のうち少なくとも残留部分が多結晶体からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0013】

かかる第2の態様では、残留部分の剛性が向上する。

【0014】

本発明の第3の態様は、第1又は2の態様において、前記弾性膜が、前記圧縮膜のみからなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0015】

かかる第3の態様では、圧縮膜の一部が除去されることによる開放される応力により、初期たわみが低減される。

【0016】

本発明の第4の態様は、第1又は2の態様において、前記弾性膜が、複数層の膜からなり、その少なくとも最上層が前記圧縮膜であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0017】

かかる第4の態様では、最上層をパターニングすることにより圧縮応力が開放され、初期たわみが低減される。

【0018】

本発明の第5の態様は、第1～4の態様において、前記圧縮膜が、金属酸化物からなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0019】

かかる第5の態様では、金属酸化物で圧縮応力を有する膜を形成し、圧力発生室を形成する際、弾性膜の下方への変形を効果的に防止することができる。

【0020】

本発明の第6の態様は、第5の態様において、前記金属酸化物が、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、及び酸化パラジウム、並びにこれ



らの化合物からなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0021】

かかる第6の態様では、特定の金属酸化物で膜を形成することにより、圧縮応力を有する膜を形成できる。

【0022】

本発明の第7の態様は、第6の態様において、前記酸化ジルコニウム又は酸化ハフニウムからなる圧縮膜の結晶構造が単斜晶系であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0023】

かかる第7の態様では、単斜晶系の膜とすることにより、圧縮応力を有する膜とすることができる。

【0024】

本発明の第8の態様は、第4～7の何れかの態様において、前記圧縮膜の下層は、当該圧縮膜とはエッチング特性が異なって選択的にエッチングされない材料からなる層であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0025】

かかる第8の態様は、圧縮膜のパターニングを容易に行うことができる。

【0026】

本発明の第9の態様は、第8の態様において、前記圧縮膜の下層の選択的にエッチングされない膜が、金属及び安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウムからなる群から選択されることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0027】

かかる第9の態様では、エッチング性の相違により、圧縮膜のエッチングを容易に行うことができる。

【0028】

本発明の第10の態様は、第1～9の何れかの態様において、前記下電極が、引張応力を有する膜からなり、当該下電極の厚さが、前記圧縮膜の除去された厚さより薄いことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0029】

かかる第10の態様は、下電極のパターニングにより開放される引張応力より、圧縮膜のパターニングにより開放される圧縮応力の方が大きいので、初期たわみが低減される。

【0030】

本発明の第11の態様は、第1～10の何れかの態様において、前記弾性膜は、前記圧力発生室側に、二酸化シリコン膜又はボロンドープシリコン膜を含むことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0031】

かかる第11の態様では、二酸化シリコン膜を含む弾性膜が振動板として作用する。

【0032】

本発明の第12の態様は、第1～11の何れかの態様において、前記圧力発生室の内側には、前記弾性膜の下面側も含めて二酸化シリコン膜が形成されていることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0033】

かかる第12の態様では、二酸化シリコン膜が圧力発生室のインクによる腐食を有効に防止する。

【0034】

本発明の第13の態様は、第1～12の何れかの態様において、前記圧電体層がPZTからなることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0035】

かかる第13の態様では、PZTで圧電振動子を構成し、良好な圧電歪みを与える。

【0036】

本発明の第14の態様は、第1～13の何れかの態様において、前記圧力発生室がシリコン単結晶基板に異方性エッチングにより形成され、前記圧電振動子の各層が成膜及びリソグラフィ法により形成されたものであることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドにある。

【0037】

かかる第14の態様では、高密度のノズル開口を有するインクジェット式記録ヘッドを大量に且つ比較的容易に製造することができる。

【0038】

本発明の第15の態様は、第1～14の何れかの態様のインクジェット式記録ヘッドを具備することを特徴とするインクジェット式記録装置にある。

【0039】

かかる第15の態様では、ヘッドのインク吐出性能を向上したインクジェット式記録装置を実現することができる。

【0040】

【発明の実施の形態】

以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0041】

(実施形態1)

図1は、本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドを示す分解斜視図であり、図2は、平面図及びその1つの圧力発生室の長手方向における断面構造を示す図である。

【0042】

図示するように、流路形成基板10は、本実施形態では面方位(110)のシリコン単結晶基板からなる。流路形成基板10としては、通常、150～300 $\mu\text{m}$ 程度の厚さのものが用いられ、望ましくは180～280 $\mu\text{m}$ 程度、より望ましくは220 $\mu\text{m}$ 程度の厚さのものが好適である。これは、隣接する圧力発生室間の隔壁の剛性を保ちつつ、配列密度を高くできるからである。

【0043】

流路形成基板10の一方の面は開口面となり、他方の面には、例えば、ジルコニウムの膜を形成後、熱酸化することにより形成した圧縮応力を有する酸化ジルコニウムからなる、厚さ0.2～3.0 $\mu\text{m}$ の弾性膜50が形成されている。

【0044】

一方、流路形成基板10の開口面には、シリコン単結晶基板を異方性エッチン

グすることにより、ノズル開口 11、圧力発生室 12 が形成されている。

【0045】

ここで、異方性エッチングは、シリコン単結晶基板を KOH 等のアルカリ溶液に浸漬すると、徐々に侵食されて (110) 面に垂直な第 1 の (111) 面と、この第 1 の (111) 面と約 70 度の角度をなし且つ上記 (110) 面と約 35 度の角度をなす第 2 の (111) 面とが出現し、(110) 面のエッチングレートと比較して (111) 面のエッチングレートが約 1/180 であるという性質を利用して行われるものである。かかる異方性エッチングにより、二つの第 1 の (111) 面と斜めの二つの第 2 の (111) 面とで形成される平行四辺形状の深さ加工を基本として精密加工を行うことができ、圧力発生室 12 を高密度に配列することができる。

【0046】

本実施形態では、各圧力発生室 12 の長辺を第 1 の (111) 面で、短辺を第 2 の (111) 面で形成している。この圧力発生室 12 は、流路形成基板 10 をほぼ貫通して弾性膜 50 に達するまでエッチングすることにより形成されている。なお、弾性膜 50 は、シリコン単結晶基板をエッチングするアルカリ溶液に侵される量がきわめて小さい。

【0047】

一方、各圧力発生室 12 の一端に連通する各ノズル開口 11 は、圧力発生室 12 より幅狭で且つ浅く形成されている。すなわち、ノズル開口 11 は、シリコン単結晶基板を厚さ方向に途中までエッチング（ハーフエッチング）することにより形成されている。なお、ハーフエッチングは、エッチング時間の調整により行われる。

【0048】

ここで、インク滴吐出圧力をインクに与える圧力発生室 12 の大きさと、インク滴を吐出するノズル開口 11 の大きさとは、吐出するインク滴の量、吐出スピード、吐出周波数に応じて最適化される。例えば、1 インチ当たり 360 個のインク滴を記録する場合、ノズル開口 11 は数十  $\mu\text{m}$  の溝幅で精度よく形成する必要がある。

## 【0049】

また、各圧力発生室12と後述する共通インク室31とは、後述する封止板20の各圧力発生室12の一端部に対応する位置にそれぞれ形成されたインク供給連通口21を介して連通されており、インクはこのインク供給連通口21を介して共通インク室31から供給され、各圧力発生室12に分配される。

## 【0050】

封止板20は、前述の各圧力発生室12に対応したインク供給連通口21が穿設された、厚さが例えば、0.1~1mmで、線膨張係数が300℃以下で、例えば2.5~4.5 [ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ]であるガラスセラミックスからなる。なお、インク供給連通口21は、図3(a), (b)に示すように、各圧力発生室12のインク供給側端部の近傍を横断する一つのスリット孔21Aでも、あるいは複数のスリット孔21Bであってもよい。封止板20は、一方の面で流路形成基板10の一面を全面的に覆い、シリコン単結晶基板を衝撃や外力から保護する補強板の役目も果たす。また、封止板20は、他面で共通インク室31の一壁面を構成する。

## 【0051】

共通インク室形成基板30は、共通インク室31の周壁を形成するものであり、ノズル開口数、インク滴吐出周波数に応じた適正な厚みのステンレス板を打ち抜いて作製されたものである。本実施形態では、共通インク室形成基板30の厚さは、0.2mmとしている。

## 【0052】

インク室側板40は、ステンレス基板からなり、一方の面で共通インク室31の一壁面を構成するものである。また、インク室側板40には、他方の面の一部にハーフエッチングにより凹部40aを形成することにより薄肉壁41が形成され、さらに、外部からのインク供給を受けるインク導入口42が打抜き形成されている。なお、薄肉壁41は、インク滴吐出の際に発生するノズル開口11と反対側へ向かう圧力を吸収するためのもので、他の圧力発生室12に、共通インク室31を経由して不要な正又は負の圧力が加わるのを防止する。本実施形態では、インク導入口42と外部のインク供給手段との接続時等に必要な剛性を考慮し

て、インク室側板 40 を 0.2 mm とし、その一部を厚さ 0.02 mm の薄肉壁 41 としているが、ハーフエッチングによる薄肉壁 41 の形成を省略するために、インク室側板 40 の厚さを初めから 0.02 mm としてもよい。

【0053】

一方、流路形成基板 10 の開口面とは反対側の弾性膜 50 の上には、厚さが例えば、約 0.2  $\mu$ m の下電極膜 60 と、厚さが例えば、約 1  $\mu$ m の圧電体膜 70 と、厚さが例えば、約 0.1  $\mu$ m の上電極膜 80 とが、後述するプロセスで積層形成されて、圧電振動子（圧電素子）300 を構成している。ここで、圧電振動子 300 は、下電極膜 60、圧電体膜 70、及び上電極膜 80 を含む部分をいう。一般的には、圧電振動子 300 の何れか一方の電極を共通電極とし、他方の電極及び圧電体膜 70 を各圧力発生室 12 毎にパターニングして構成する。そして、ここではパターニングされた何れか一方の電極及び圧電体膜 70 から構成され、両電極への電圧の印加により圧電歪みが生じる部分を圧電体能動部 320 という。本実施形態では、下電極膜 60 は圧電振動子 300 の共通電極とし、上電極膜 80 を圧電振動子 300 の個別電極としているが、駆動回路や配線の都合でこれを逆にしても支障はない。何れの場合においても、各圧力発生室毎に圧電体能動部が形成されていることになる。

【0054】

ここで、シリコン単結晶基板からなる流路形成基板 10 上に、圧電体膜 70 等を形成するプロセスを図 4 を参照しながら説明する。

【0055】

図 4 (a) に示すように、まず、流路形成基板 10 となるシリコン単結晶基板の一方面に、圧縮応力を有する弾性膜 50 を形成する。この弾性膜 50 の材質としては、所定の強度を有し、且つ圧縮応力を有する膜となる材料、例えば、金属酸化物等の多結晶体が好ましく、例えば、酸化ジルコニウム、酸化イリジウム、酸化ルテニウム、酸化タンタル、酸化ハフニウム、酸化オスミウム、酸化レニウム、酸化ロジウム、酸化パラジウム及びそれらの化合物等が挙げられる。例えば、酸化ジルコニウム又は酸化ハフニウムの場合には、単斜晶系とすることにより、圧縮応力を有する膜とすることができる。

## 【0056】

本実施形態の弾性膜50では、シリコン単結晶基板上にジルコニウム層をスパッタリングで形成後、約1150℃の拡散炉で酸素中で熱酸化処理することにより、単斜晶系の酸化ジルコニウムからなる弾性膜50を形成した。ここで、ジルコニウムは酸化される際に、相転移温度以上に加熱されているため、冷却時に相転移を起こして単斜晶系となり、圧縮応力を有する酸化ジルコニウムとなる。

## 【0057】

次に、図4(b)に示すように、スパッタリングで下電極膜60を形成する。下電極膜60の材料としては、Pt等が好適である。これは、スパッタリングやゾルーゲル法で成膜する後述の圧電体膜70は、成膜後に大気雰囲気下又は酸素雰囲気下で600～1000℃程度の温度で焼成して結晶化させる必要があるからである。すなわち、下電極膜60の材料は、このような高温、酸化雰囲気下で導電性を保持できなければならず、殊に、圧電体膜70としてPZTを用いた場合には、PbOの拡散による導電性の変化が少ないことが望ましく、これらの理由からPtが好適である。

## 【0058】

次に、図4(c)に示すように、圧電体膜70を成膜する。この圧電体膜70の成膜にはスパッタリングを用いることもできるが、本実施形態では、金属有機物を溶媒に溶解・分散したいわゆるゾルを塗布乾燥してゲル化し、さらに高温で焼成することで金属酸化物からなる圧電体膜70を得る、いわゆるゾルーゲル法を用いている。圧電体膜70の材料としては、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系の材料がインクジェット式記録ヘッドに使用する場合には好適である。

## 【0059】

次に、図4(d)に示すように、上電極膜80を成膜する。上電極膜80は、導電性の高い材料であればよく、例えば、Al、Au、Ni、Pt等の多くの金属や、導電性酸化物等を使用できる。本実施形態では、Ptをスパッタリング法により成膜している。

## 【0060】

次に、図5に示すように、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80をパ

ターニングする。

#### 【0061】

まず、図5(a)に示すように、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80を一緒にエッチングして下電極膜60の全体パターンをパターンニングする。次いで、図5(b)に示すように、圧電体膜70及び上電極膜80をエッチングして圧電体能動部320のパターンニングを行う。次いで、図5(c)に示すように、圧力発生室12に対向し、圧電体能動部320の幅方向両側のいわゆる振動板の腕部の下電極膜60をエッチングにより除去し、さらに弾性膜50を厚さ方向の一部までオーバーエッチングして、弾性膜除去部350を形成する。この弾性膜50のオーバーエッチングの深さは、膜全体の応力バランスから考慮して形成すればよいが、特に、下電極膜60が引張応力を有する場合には、少なくとも下電極膜60の厚さよりも深いことが好ましく、例えば、本実施形態では、約0.4  $\mu\text{m}$ の深さで形成した。

#### 【0062】

本実施形態では、その後、圧力発生室12をエッチングにより形成するが、このときの圧電体能動部320が受ける応力の状態を以下に説明する。なお、図6は、圧力発生室12をエッチングにより形成前後の各層が受ける応力の状態を模式的に示した図である。

#### 【0063】

図6(a)に示すように、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80は、流路形成基板10から引張応力を受けており、弾性膜50は、圧縮応力を受けている。そのため、図6(b)に示すように、圧電体能動部320をパターンニングすると、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80は、それぞれ引張応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ の一部が開放され、また、弾性膜50も、一部が除去されることにより、圧縮応力 $\sigma_4$ の一部が開放される。弾性膜50の圧縮応力 $\sigma_4$ が開放される大きさは、弾性膜50が除去された深さに比例するため、本実施形態では、上述のように、弾性膜50を少なくとも下電極膜60の厚さよりも深く除去し、膜全体の応力のバランスを調整している。したがって、次に、図6(c)に示すように、圧電体能動部320の下方に圧力発生室12を形成しても、流路形成基板1



0から受ける下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80の応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ の向きに対して弾性膜50の応力 $\sigma_4$ の向きが逆であるため、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80の引張応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ が開放される力と弾性膜50の圧縮応力 $\sigma_4$ が開放される力とがつり合っていると、振動板のたわみはほとんど発生しない。

## 【0064】

なお、弾性膜50が圧縮応力を受けていても、弾性膜除去部350が形成されていない場合には、図7(a)に示すように、圧力発生室12形成前に、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80にはそれぞれ引張応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ が残留しているので、圧力発生室12を形成すると、図7(b)に示すように、引張応力 $\sigma_3$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_1$ は開放されて収縮しようとする力となり、結果的に、弾性膜50は、下に凸に変形され、これが初期変形として残留する。また、弾性膜50が圧縮応力ではなく引張応力を受けている場合に、弾性膜除去部を形成すると、弾性膜の引張応力も一部が除去されて収縮しようとする力となり、振動板はさらに下に凸に変形されてしまうことになる。

## 【0065】

このように、本実施形態では、弾性膜50を圧縮応力を有する材料で形成して、弾性膜50の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部350を設けた。これにより、圧電体能動部320をパターンニング及び圧力発生室12形成後に、各圧電体能動部320の幅方向両側に設けられた弾性膜除去部350で圧縮応力が開放されることにより、弾性膜50が引張方向の応力を受ける。したがって、下電極膜60、圧電体層70及び上電極膜80の圧縮方向の応力が相殺され、圧力発生室12形成による弾性膜50の変形を低減または無くすることができる。また、弾性膜50に弾性膜除去部350を設けることにより、圧電体膜70の変形も防止できるため、圧電体膜70の圧力発生室12形成前の圧電特性を維持することができる。したがって、ヘッドの変位効率を向上することができる。さらに、本実施形態では、弾性膜50を、多結晶体である金属酸化物で形成し、所定の強度を得るようにしたので、耐久性の低下が防止される。

## 【0066】

なお、従来より酸化ジルコニウム膜を弾性膜として用いられているが、本発明は、酸化ジルコニウム膜を強い圧縮応力を有する単斜晶系膜とし且つその圧縮応力をエッチングすることで開放することにより、初期変形を緩和するものである。また、酸化ジルコニウム膜を単斜晶系膜として複合膜が受ける応力のバランスをとることにより膜間の剥離を防止する技術も提案されているが、酸化ジルコニウム膜の圧縮応力を開放して初期たわみを緩和するものではない。

## 【0067】

上述の説明では、圧電体能動部 320 をパターンニングした後、圧力発生室 12 を形成するようにしたが、実際には、図 2 に示すように、各上電極膜 80 の上面の少なくとも周縁、及び圧電体膜 70 および下電極膜 60 の側面を覆うように電気絶縁性を備えた絶縁体層 90 を形成し、さらに、絶縁体層 90 の各圧電体能動部 320 の一端部に対応する部分の上面を覆う部分の一部にはリード電極 100 と接続するために上電極膜 80 の一部を露出させるコンタクトホール 90a を形成し、このコンタクトホール 90a を介して各上電極膜 80 に一端が接続し、また他端が接続端子部に延びるリード電極 100 を形成してもよい。ここで、リード電極 100 は、駆動信号を上電極膜 80 に確実に供給できる程度に可及的に狭い幅となるように形成するのが好ましい。なお、本実施形態では、コンタクトホール 90a は、圧力発生室 12 に対向する領域に設けられているが、圧電体能動部 320 の圧電体膜 70 及び上電極膜 80 を圧力発生室 12 の長手方向一端部から周壁に対向する領域まで延設し、圧力発生室 12 の周壁に対向する位置にコンタクトホール 90a を設けてもよい。

## 【0068】

また、以上説明した一連の膜形成及び異方性エッチングは、一枚のウェハ上に多数のチップを同時に形成し、プロセス終了後、図 1 に示すような一つのチップサイズの流路形成基板 10 毎に分割する。また、分割した流路形成基板 10 を、封止板 20、共通インク室形成基板 30、及びインク室側板 40 と順次接着して一体化し、インクジェット式記録ヘッドとする。

## 【0069】

このように構成したインクジェットヘッドは、図示しない外部インク供給手段

と接続したインク導入口42からインクを取り込み、共通インク室31からノズル開口11に至るまで内部をインクで満たした後、図示しない外部の駆動回路からの記録信号に従い、リード電極100を介して下電極膜60と上電極膜80との間に電圧を印加し、弾性膜50、下電極膜60及び圧電体膜70をたわみ変形させることにより、圧力発生室12内の圧力が高まりノズル開口11からインク滴が吐出する。

## 【0070】

ここで、本実施形態の圧電振動子の駆動時の振動板に加わる力と弾性変形量との関係を図8(a)に示す。図示のように、本実施形態では、初期段階で、振動板に変形がないので、駆動時に発生する力Fに対する変形Tが弾性変形領域で生じることになる。一方、図8(b)に示すように、下電極膜60、圧電体膜70及び上電極膜80の応力により、初期に加わった力fによって初期変形tが生じている場合には、駆動時に力Fが加ると、塑性変形領域に入ってしまうので、対応する変形Tは得られずに変形T'が生じることになり、 $(T-T')$ が変形の損失となる。

## 【0071】

## (実施形態2)

図9は、実施形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

## 【0072】

本実施形態は、弾性膜を複数層で構成するようにした例であり、他の構造は実施形態1と同様である。

## 【0073】

本実施形態では、弾性膜50Aは、図9に示すように、流路形成基板10上に形成され、例えば、厚さが $1.0\mu\text{m}$ の酸化シリコン膜からなる第1の弾性膜51と、この第1の弾性膜51上に設けられ、例えば、酸化ジルコニウム等の圧縮応力を有する酸化金属膜等で形成される第2の弾性膜52との二層で構成されている。そして、本実施形態では、この第2の弾性膜52の一部をオーバーエッチングして弾性膜除去部350Aを形成することにより、振動板の初期撓み量の減少及び圧電特性の向上を図っている。勿論、第2の弾性膜52の厚さ方向の全部

を除去して弾性膜除去部 350A としてもよい。

【0074】

このような実施形態 2 の構成によっても、実施形態 1 と同様の効果が得られ、さらに、弾性膜を二層で構成することにより、弾性膜の強度を向上することができ、弾性膜除去部 350A を形成することによって、確実に振動板の変位効率を向上することができる。

【0075】

なお、弾性膜除去部 350A が形成される弾性膜、本実施形態では、第 2 の弾性膜 52 の下層に設けられる弾性膜、本実施形態では第 1 の弾性膜 51 は、圧縮応力を有することが好ましいが、これに限定されず、少なくとも第 2 の弾性膜 52 が圧縮応力を有していればよく、第 1 の弾性膜 51 は、引張応力を有していてもよい。また、本実施形態では、第 1 の弾性膜 51 を、酸化シリコン膜で形成したが、これに限定されず、例えば、ボロンドープシリコン膜又は金属酸化膜等であってもよい。

【0076】

また、本実施形態のように、弾性膜を複数層で形成する場合には、弾性膜除去部を形成する圧縮応力を有する弾性膜を酸化シリコン膜で形成するようにしてもよい。

【0077】

(実施形態 3)

図 10 は、実施形態 3 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【0078】

本実施形態は、弾性膜を複数層で構成するようにした他の例であり、他の構造は、上述の実施形態と同様である。

【0079】

本実施形態の弾性膜 50B は、図 10 に示すように、流路形成基板 10 上に形成した、例えば、厚さが、 $1\mu\text{m}$  の酸化シリコンからなる第 1 の弾性膜 51A と、第 1 の弾性膜 51A 上に形成され、例えば、厚さが  $0.2\mu\text{m}$  の Pt 等の金属

からなる第2の弾性膜52Aと、例えば、厚さが1  $\mu$ mで圧縮応力を有する酸化ジルコニウム等の金属酸化物等からなる第3の弾性膜53との三層で構成されている。そして、本実施形態では、最も上層の第3の弾性膜53の面方向の一部を第2の弾性膜52Aに達するまで除去して弾性膜除去部350Bとした。

【0080】

なお、第2の弾性膜52Aは、本実施形態では、Ptで形成したが、これに限定されず、靱性を有する金属、例えば、Ir等を用いてもよい。

【0081】

本実施形態では、このように第2の弾性膜52Aを、Pt、Ir等の金属で、第3の弾性膜53とはエッチング特性が異なり選択的にエッチングされない材料で形成することにより、弾性膜除去部350Bを容易に形成することができる。また、この第2の弾性膜52Aは、例えば、安定化もしくは部分安定化酸化ジルコニウム等の引張り応力を有する金属酸化物でもよい。

【0082】

また、本実施形態では、第1の弾性膜51Aを、酸化シリコン膜で形成したが、例えば、ボロンドープシリコン膜等であってもよい。

【0083】

このような構成によっても、上述の実施形態の効果を得ることができる。また、本実施形態では、エッチングされる第3の弾性膜53の下に、さらにそれぞれ別部材で形成された第1及び第2の弾性膜51A、52Bを設けるようにしたので、弾性膜除去部350B及び圧力発生室12の形成によって生じる振動板の撓みをさらに低く抑えることができる。

【0084】

(実施形態4)

図11は、実施形態4に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【0085】

本実施形態では、図11に示すように、圧力発生室12形成後、弾性膜50で形成される下面側も含めて圧力発生室12の内面に、例えば、酸化シリコン膜か

らなる保護膜 55 を形成するようにした以外は、実施形態 1 と同様である。

【0086】

この保護膜 55 は、圧力発生室 12 のインクによる腐食の防止や、気泡の発生を抑えるためのものであり、例えば、本実施形態では、厚さ  $1\ \mu\text{m}$  で形成している。この保護膜 55 の形成方法としては、特に限定されないが、例えば、本実施形態では、TEOS（テトラエチル オルトシリケート）を用いた CVD 法によって形成した。

【0087】

このような構成においても、上述の実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。また、本実施形態では、圧力発生室 12 の内面に保護膜 55 を設けているため、圧力発生室 12 のインクによる腐食を防止したり、気泡の発生を抑えることができる。さらに、保護膜 55 の厚さを調整することにより、流路形成基板 10 となる単結晶シリコン基板の各ウェハによる特性のバラツキを調整することができる。なお、このバラツキの調整を行う場合には、保護膜 55 を形成する前に振動板の変位評価を行い、その結果に合わせて保護膜 55 の厚さを調整すればよい。

【0088】

（他の実施形態）

以上、本発明の各実施形態を説明したが、インクジェット式記録ヘッドの基本的構成は上述したものに限定されるものではない。

【0089】

上述の各実施形態では、圧力発生室 12 に対向する領域毎に 1 つの圧電体駆動部が形成され、この 1 つの圧電体駆動部の駆動によりインク滴を吐出するが、これに限定されず、例えば、図 12 に示すように、圧力発生室 12 の幅方向両端部に対応する領域に、それぞれ圧電体駆動部 320 を設け、これら二つの圧電体駆動部 320 の駆動によって、インク滴を吐出するようにしてもよい。このような構成によっても、上述の実施形態と同様に、弾性膜 50 に弾性膜除去部 350 を設けることにより、振動板の変位効率を向上することができる。なお、この実施形態では、二つの圧電体駆動部 320 電圧を印加することにより、圧力発生室 1

2に対向する領域の圧電体駆動部320が駆動され、これにより振動板が上に凸に変形する。したがって、圧電体駆動部320の駆動を停止した際、振動板が元に戻ることに伴ってインク滴が吐出される。

【0090】

また、例えば、上述した封止板20の他、共通インク室形成板30をガラスセラミックス製としてもよく、さらには、薄肉膜41を別部材としてガラスセラミックス製としてもよく、材料、構造等の変更は自由である。

【0091】

また、上述した実施形態では、ノズル開口を流路形成基板10の端面に形成しているが、面に垂直な方向に突出するノズル開口を形成してもよい。

【0092】

このように構成した実施形態の分解斜視図を図13、その流路の断面を図14にそれぞれ示す。この実施形態では、ノズル開口11が圧電振動子とは反対のノズル基板120に穿設され、これらノズル開口11と圧力発生室12とを連通するノズル連通口22が、封止板20、共通インク室形成板30及び薄肉板41A及びインク室側板40Aを貫通するように配されている。

【0093】

なお、本実施形態は、その他、薄肉板41Aとインク室側板40Aとを別部材とし、インク室側板40に開口40bを形成した以外は、基本的に上述した実施形態と同様であり、同一部材には同一符号を付して重複する説明は省略する。

【0094】

ここで、この実施形態においても、上述した実施形態と同様に、弾性膜を圧縮応力を有する材料で形成し、その一部に弾性膜除去部を設けることにより、振動板の初期撓み量を低減することができる。

【0095】

また、勿論、共通インク室を流路形成基板内に形成したタイプのインクジェット式記録ヘッドにも同様に応用できる。

【0096】

また、以上説明した各実施形態は、成膜及びリソグラフィプロセスを応用する

ことにより製造できる薄膜型のインクジェット式記録ヘッドを例にしたが、勿論これに限定されるものではなく、例えば、基板を積層して圧力発生室を形成するもの、あるいはグリーンシートを貼付もしくはスクリーン印刷等により圧電体膜を形成するもの等、各種の構造のインクジェット式記録ヘッドに本発明を採用することができる。

【0097】

また、圧電振動子とリード電極との間に絶縁体層を設けた例を説明したが、これに限定されず、例えば、絶縁体層を設けずに、各上電極に異方性導電膜を熱溶着し、この異方性導電膜をリード電極と接続したり、その他、ワイヤボンディング等の各種ボンディング技術を用いて接続したりする構成としてもよい。

【0098】

このように、本発明は、その趣旨に反しない限り、種々の構造のインクジェット式記録ヘッドに応用することができる。

【0099】

また、これら各実施形態のインクジェット式記録ヘッドは、インクカートリッジ等と連通するインク流路を具備する記録ヘッドユニットの一部を構成して、インクジェット式記録装置に搭載される。図15は、そのインクジェット式記録装置の一例を示す概略図である。

【0100】

図15に示すように、インクジェット式記録ヘッドを有する記録ヘッドユニット1A及び1Bは、インク供給手段を構成するカートリッジ2A及び2Bが着脱可能に設けられ、この記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3は、装置本体4に取り付けられたキャリッジ軸5に軸方向移動自在に設けられている。この記録ヘッドユニット1A及び1Bは、例えば、それぞれブラックインク組成物及びカラーインク組成物を吐出するものとしている。

【0101】

そして、駆動モータ6の駆動力が図示しない複数の歯車およびタイミングベルト7を介してキャリッジ3に伝達されることで、記録ヘッドユニット1A及び1Bを搭載したキャリッジ3はキャリッジ軸5に沿って移動される。一方、装置本



体 4 にはキャリッジ軸 5 に沿ってプラテン 8 が設けられており、図示しない給紙ローラなどにより給紙された紙等の記録媒体である記録シート S がプラテン 8 に巻き掛けられて搬送されるようになっている。

【0102】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、弾性膜を圧縮応力を有する材料で形成し、振動板の腕部に対応する部分の弾性膜の一部を除去するようにした。これにより、弾性膜の圧縮応力の一部が開放され、圧電体能動部及び圧力発生室をパターンニングしても、振動板の撓みが低減する。また、振動板の撓みがほとんど発生しない場合には、圧電体膜の圧力発生室形成前の圧電特性を維持することができる。したがって、ヘッドの変位効率を向上することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの分解斜視図である。

【図 2】

本発明の実施形態 1 に係るインクジェット式記録ヘッドを示す図であり、図 1 の平面図及び断面図である。

【図 3】

図 1 の封止板の変形例を示す図である。

【図 4】

本発明の実施形態 1 の薄膜製造工程を示す図である。

【図 5】

本発明の実施形態 1 の薄膜製造工程を示す図である。

【図 6】

本実施形態の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す図である。

【図 7】

従来の圧電体能動部が圧力発生室形成時に受ける応力の状態を示す図である。

【図 8】

圧電振動子の駆動時に、振動板に加わる力と弾性変形量との関係を示すグラフである。

【図 9】

本発明の実施形態 2 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 10】

本発明の実施形態 3 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 11】

本発明の実施形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 12】

本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの要部断面図である。

【図 13】

本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドを示す分解斜視図である。

【図 14】

本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドを示す断面図である。

【図 15】

本発明の一実施形態に係るインクジェット式記録装置の概略図である。

【符号の説明】

- 10 流路形成基板
- 12 圧力発生室
- 50, 50A, 50B 弾性膜
- 60 下電極膜
- 70 圧電体膜
- 80 上電極膜
- 90 絶縁体層
- 100 リード電極

3 0 0 圧電振動子

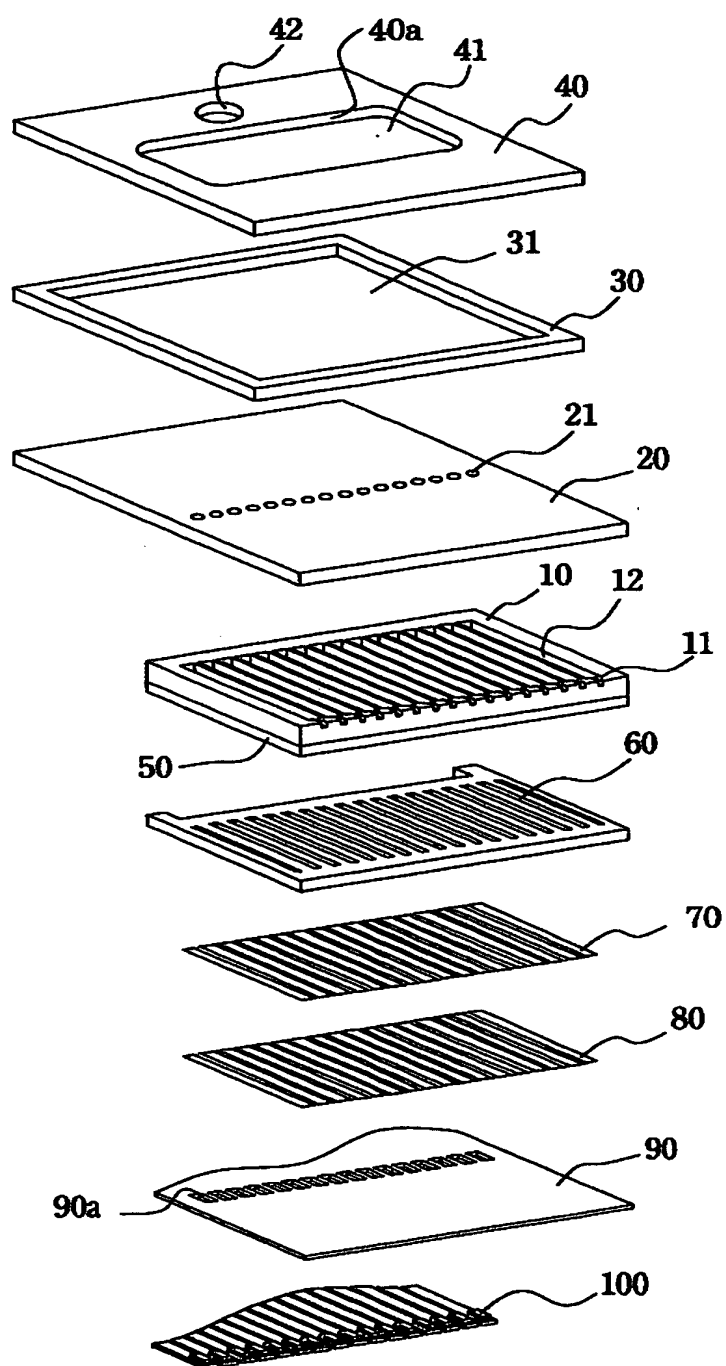
3 2 0 圧電体能動部

3 5 0 弾性膜除去部

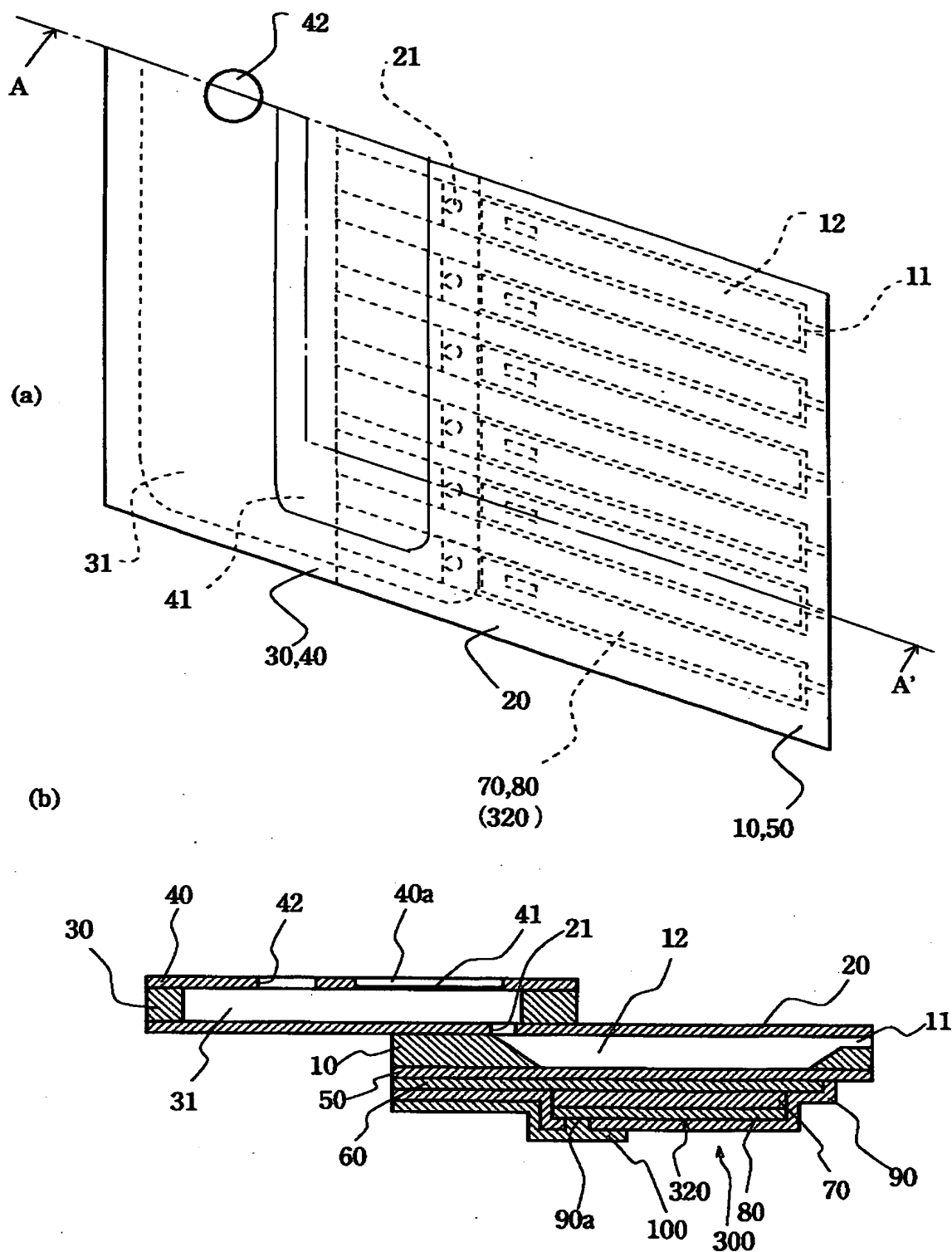
【書類名】

図面

【図 1】

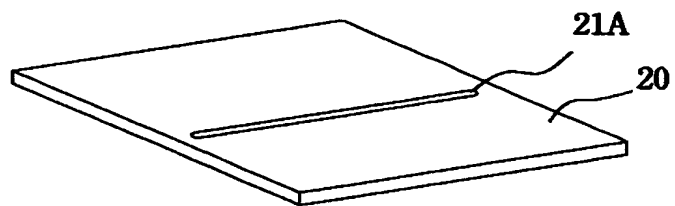


【図 2】

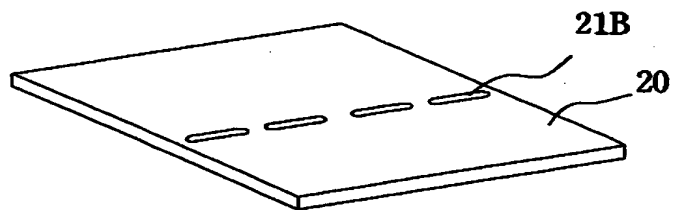


【図 3】

(a)

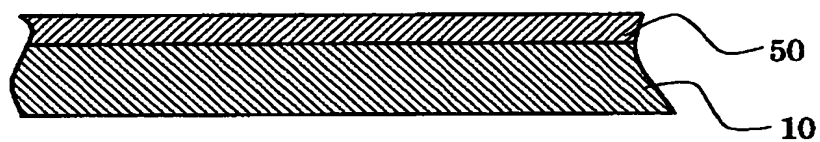


(b)



【図 4】

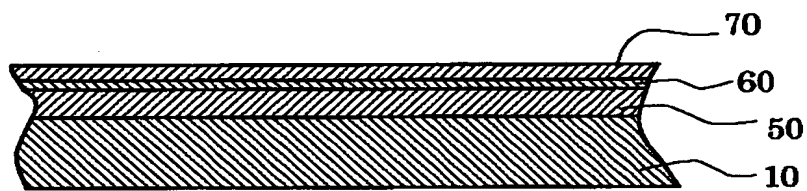
(a)



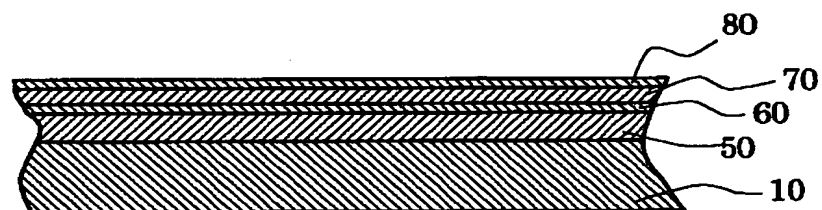
(b)



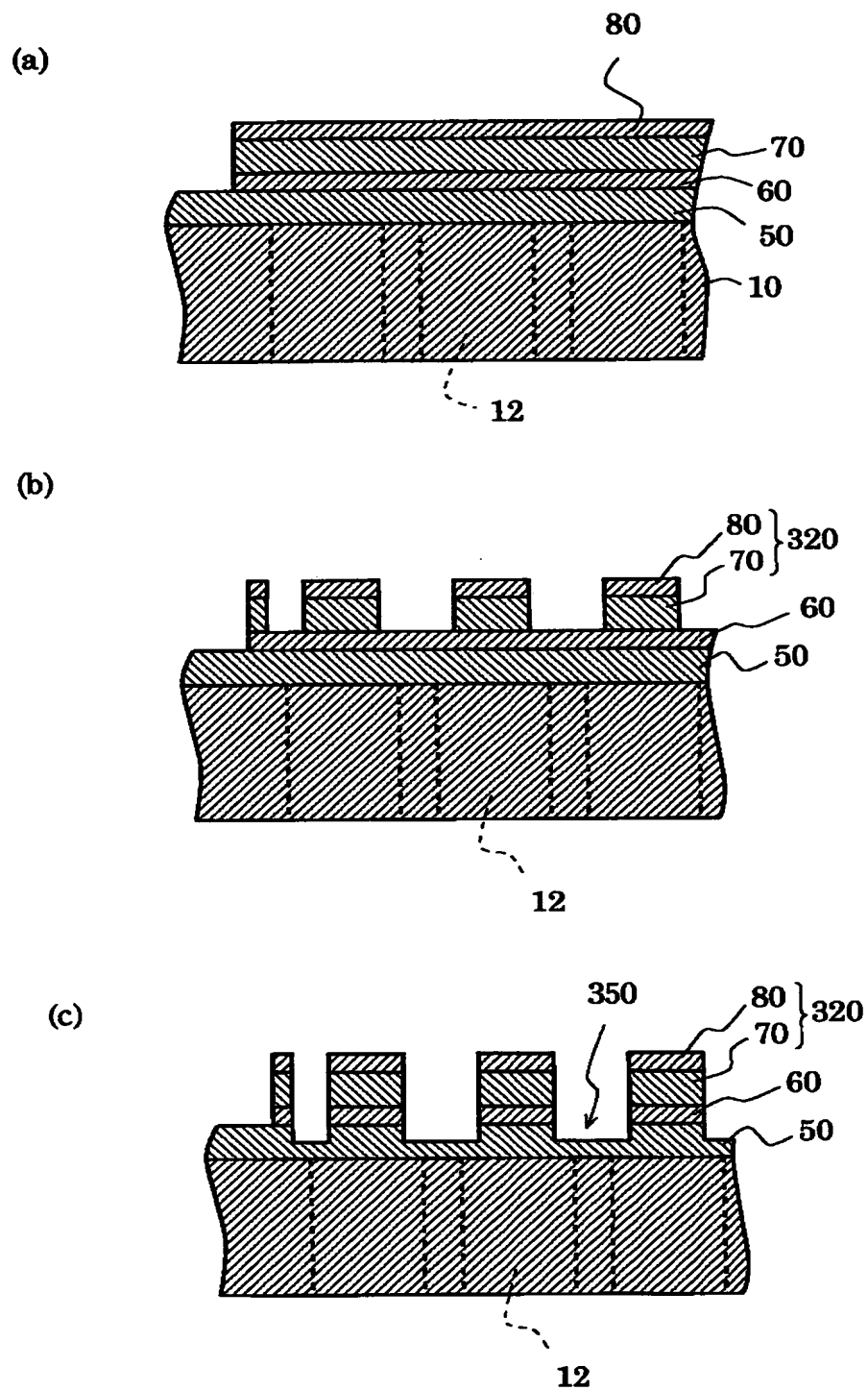
(c)



(d)

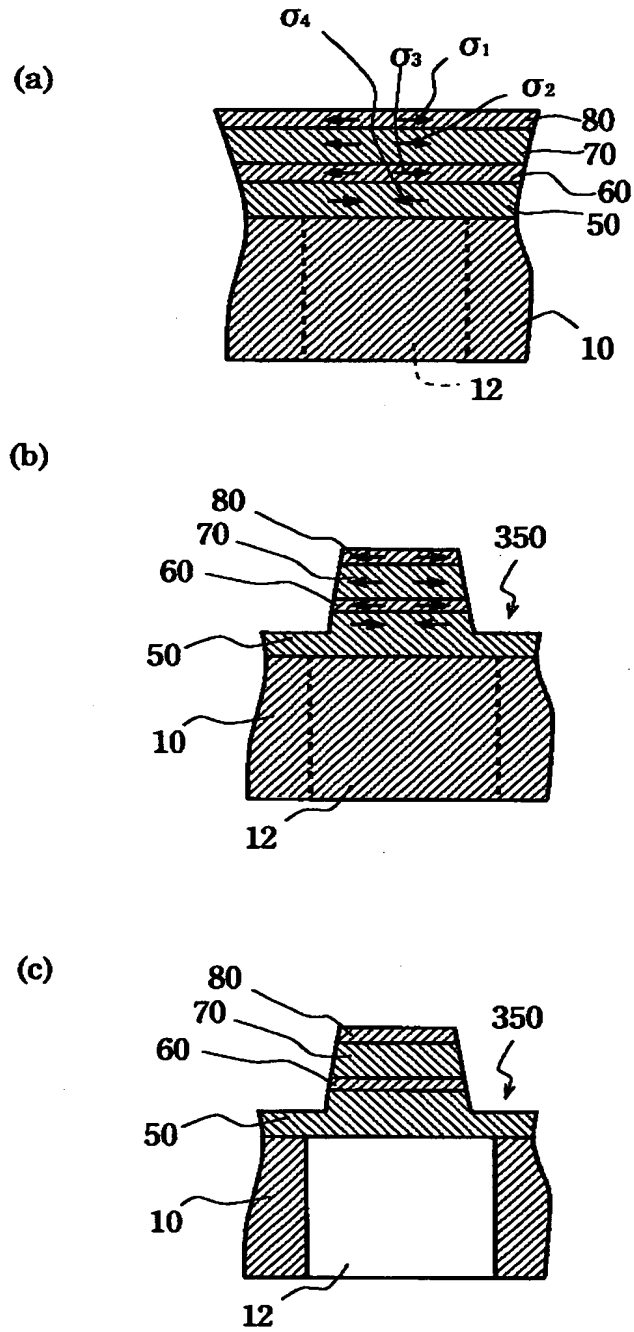


【図 5】

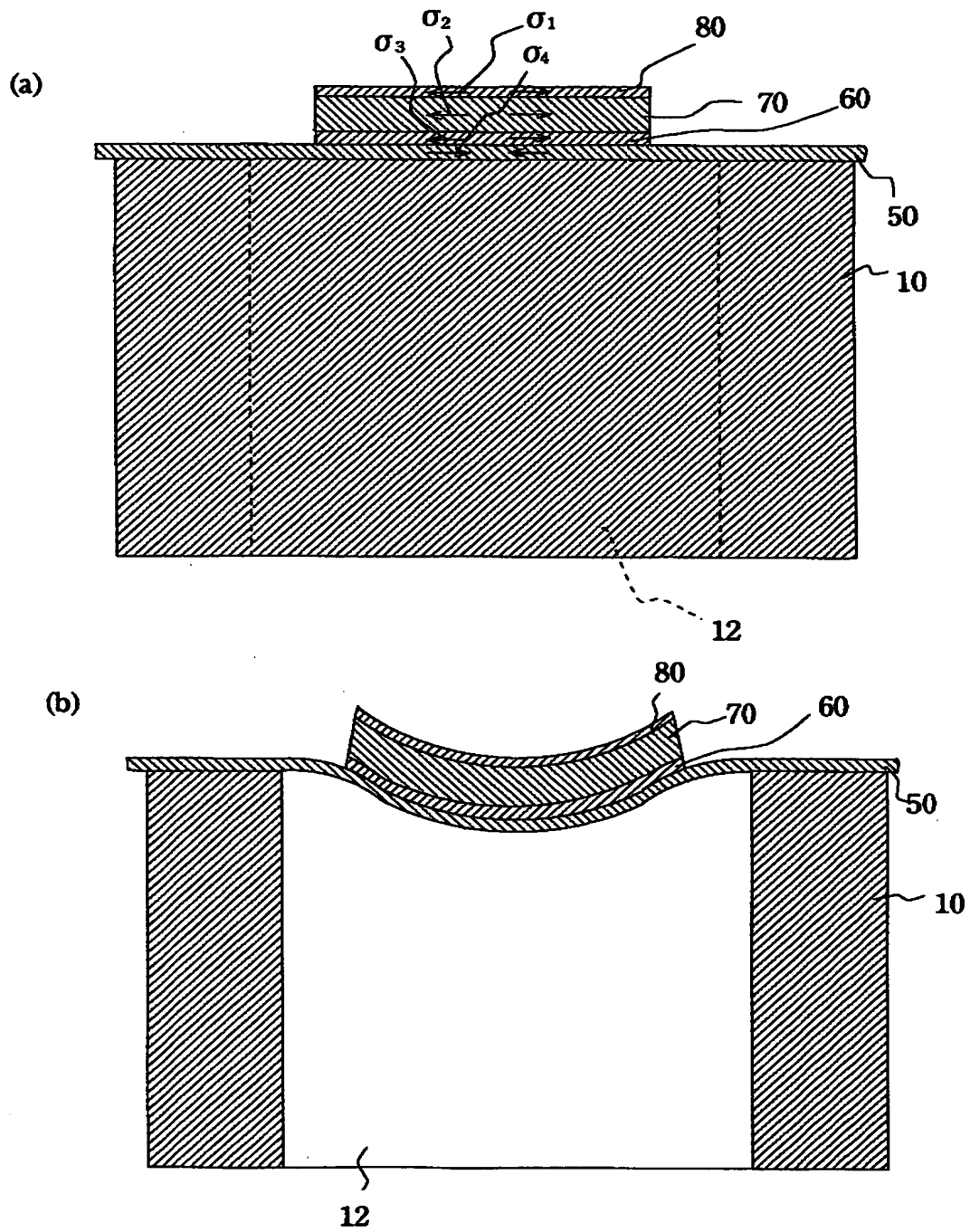




【図 6】

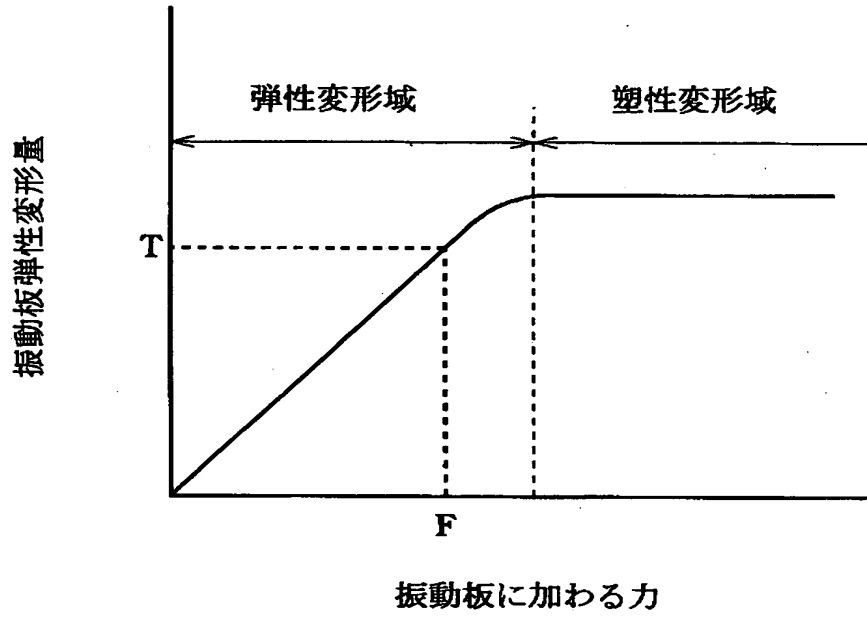


【図 7】

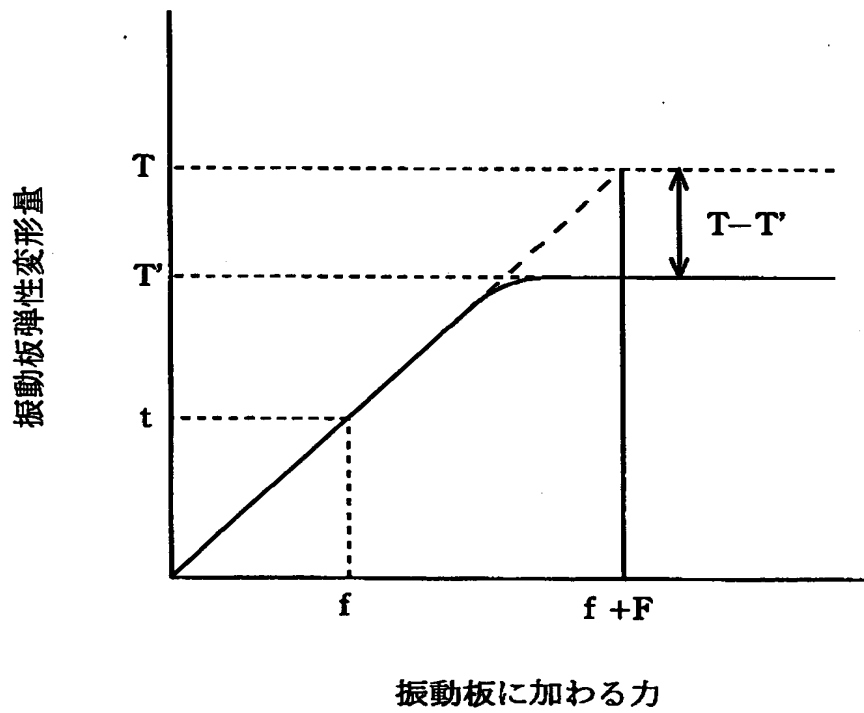


【図 8】

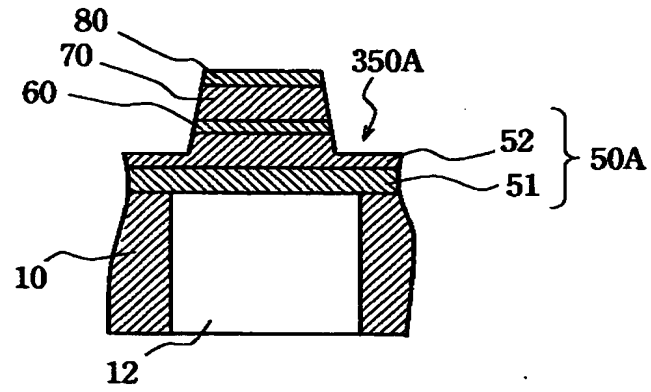
(a)



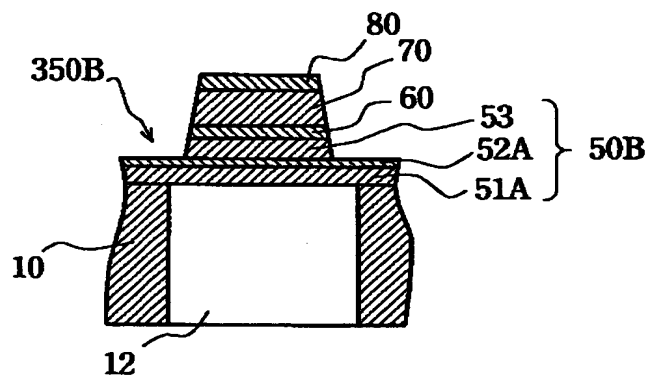
(b)



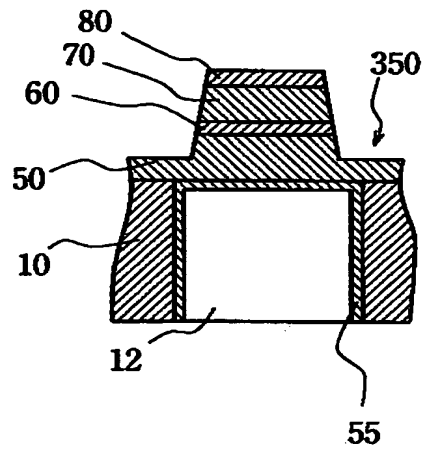
【図 9】



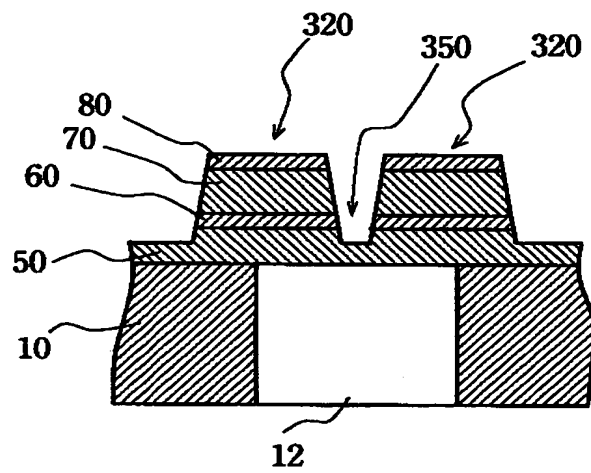
【図 10】



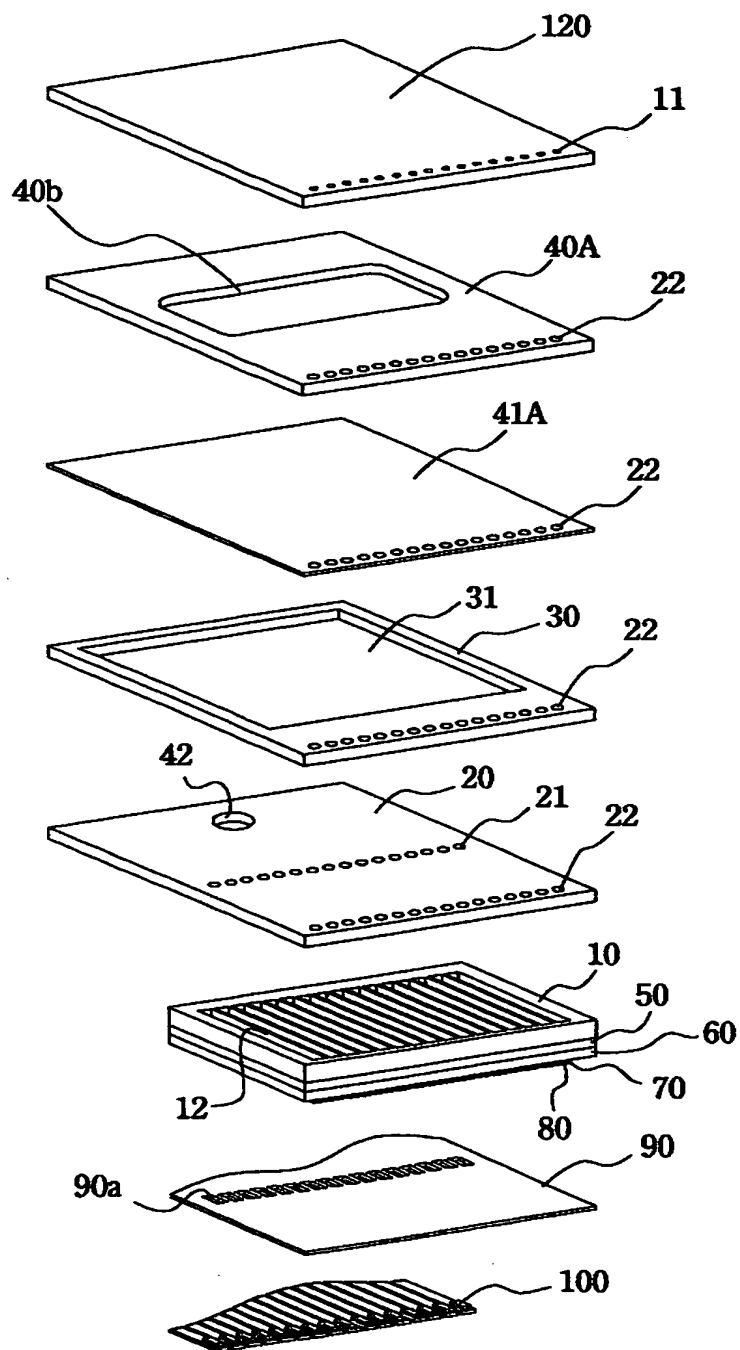
【図 1 1】



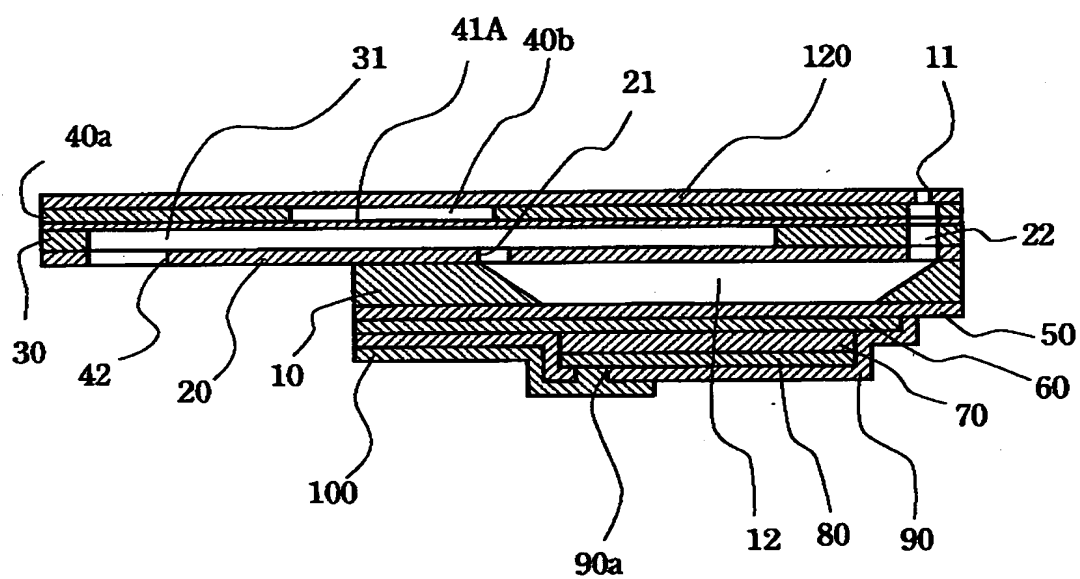
【図 1 2】



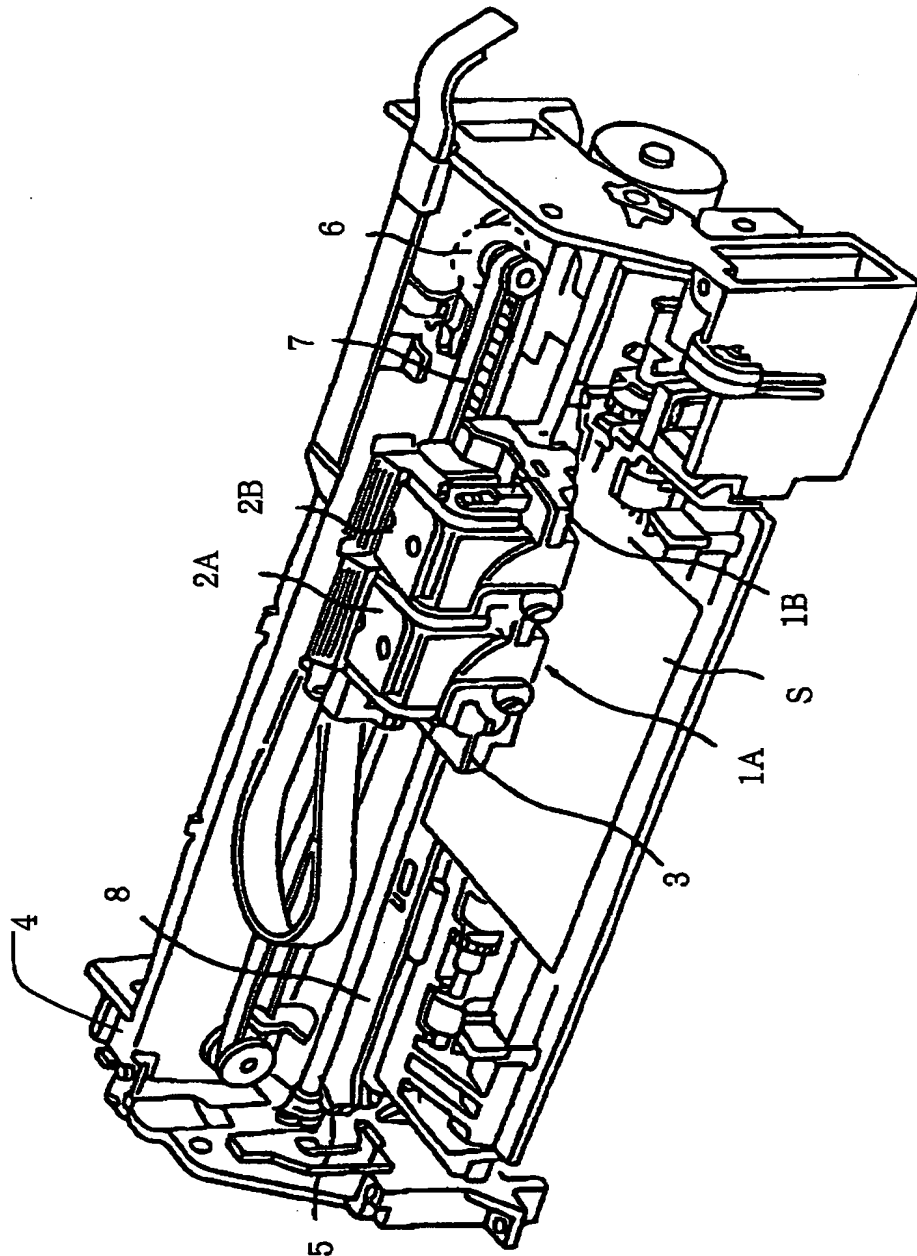
【図 13】



【図 14】



【図 15】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 振動板の初期撓み量を低減したインクジェット式記録ヘッド及びインクジェット式記録装置を提供する。

【解決手段】 ノズル開口に連通する圧力発生室 12 の一部を構成する弾性膜 50 と、該弾性膜 50 上に設けられた下電極 60 と、該下電極 60 上に形成された圧電体層 70 と、該圧電体層 70 の表面に形成された上電極 80 とを備えたインクジェット式記録ヘッドにおいて、前記圧力発生室 12 に対応する領域に前記下電極 60、前記圧電体層 70 及び前記上電極 80 を含む圧電振動子 300 が形成され、前記弾性膜 50 は、少なくとも圧縮応力を有する圧縮膜を含み、前記圧力発生室 12 に対応する領域で且つ前記圧電振動子 300 の幅方向両側に対応する領域の前記圧縮膜の厚さ方向の少なくとも一部が除去されていることにより、振動板の初期撓み量が低減する。

【選択図】 図 6

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000002369  
【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100101236  
【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿1丁目5番2号 こうげつビル  
5階 栗原国際特許事務所  
【氏名又は名称】 栗原 浩之

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
氏 名 セイコーエプソン株式会社